

Abstract (Basic): DE 4329976 A

The valve has a valve longitudinal axis (5), a valve needle (28) and a valve closure body (30) which interacts with a valve seat surface and which executes a stroke wrt. the valve seat surface. The measurement of the axial motion of the valve needle and closure body along the valve's longitudinal axis, i.e. the valve needle's stroke, is measured contactlessly using a strongly focussed, energy rich beam, i.e. a laser beam.

The laser beam is directed onto the valve closure body via an ejection aperture (32) downstream of the valve closure body. The beam (70a,70b) can be directed onto the valve closure body parallel to the valve's longitudinal axis or perpendicular to the closure body surface.

USE/ADVANTAGE - For measuring static flow of medium through valve, esp. electromagnetically operated fuel injection valve, using simple, very accurate, contactless and dry method.

Dwg.2/3

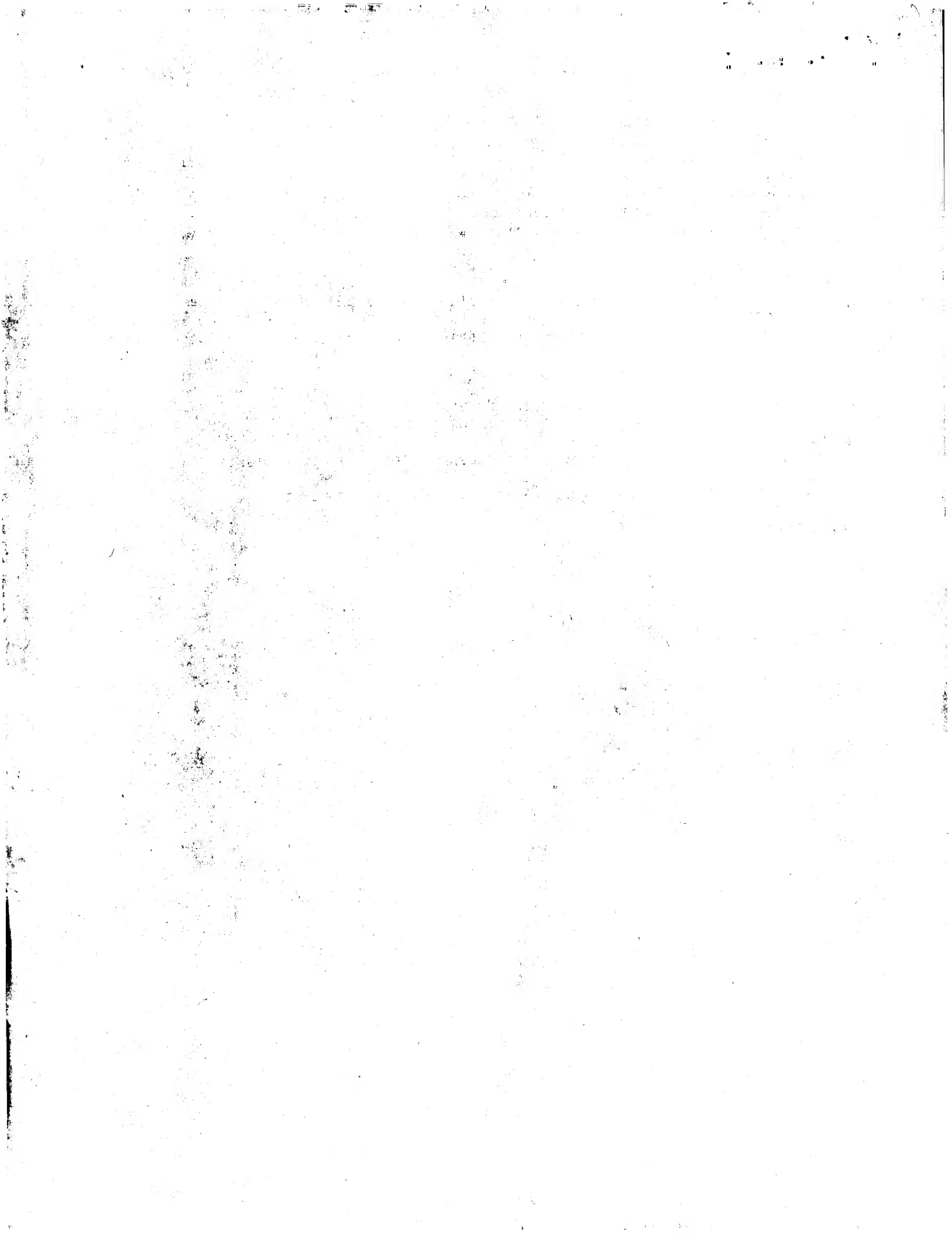
Title Terms: PROCESS; MEASURE; EM; FUEL; VALVE; STROKE; SET; CONTACT;  
MEASURE; STRONG; FOCUS; ENERGY; RICH; LASER; BEAM

Derwent Class: Q53; Q57; S02; V02; X22

International Patent Class (Main): F16K-031/02; G01B-011/02; G01B-011/14;  
G01N-021/86

International Patent Class (Additional): F02M-051/06; F15B-013/044;  
G01B-015/00; H01F-007/16

File Segment: EPI; EngPI





19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 43 29 976 A 1

51 Int. Cl. 6:  
G 01 B 11/14  
G 01 B 15/00  
F 02 M 51/06  
H 01 F 7/16  
F 15 B 13/044

21 Aktenzeichen: P 43 29 976.8  
22 Anmeldetag: 4. 9. 93  
43 Offenlegungstag: 9. 3. 95

DE 43 29 976 A 1

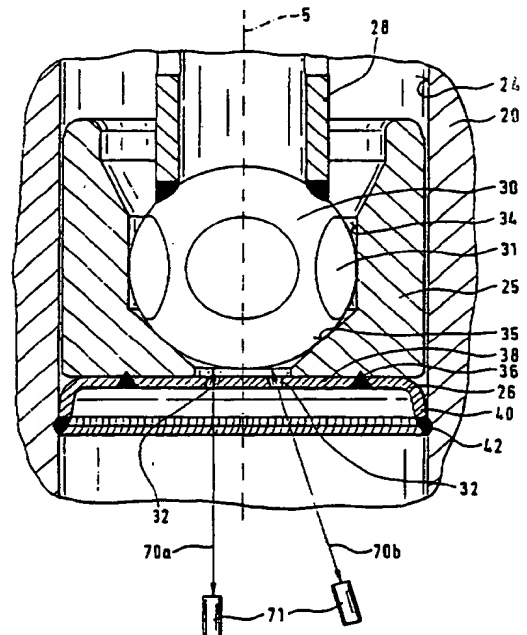
71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Maier, Stefan, Dipl.-Ing., 71701 Schwieberdingen, DE;  
Stilling, Joachim, 70734 Fellbach, DE; Schindler, Frank, 71706 Markgröningen, DE

54 Verfahren zur Hubmessung und Einstellung eines Ventils

57 Bei bekannten sogenannten Bottom-Feed-Einspritzventilen ist eine die statische Mediumströmungsmenge bestimmende Messung des Hubes der Ventalnadel mit einem mechanischen Hubsensor bei montierter Rückstellfeder entweder nur mit großem Aufwand oder gar nicht möglich. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Hubmessung und Einstellung eines Ventils kommt eine gut fokussierbare, energiereiche Strahlung (70) zum Einsatz, die ein berührungsloses Messen zuläßt. Die Strahlung (70) wird auf den fest mit der Ventalnadel (28) verbundenen Ventilschließkörper (30) im montierten Ventil gerichtet. Über eine Differenzmessung, also eine Messung in beiden Endstellungen der Ventalnadel (28), ist der Hub der Ventalnadel (28) bestimmbar und damit korrigierbar. Die Messung erfolgt bei trockenem Ventil.

Die Verfahren eignen sich besonders für elektromagnetisch betätigbare Brennstoffeinspritzventile von gemischverdichtenden fremdgezündeten Brennkraftmaschinen.



DE 43 29 976 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01. 95 408 070/271

10/32

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Hubmessung einer Ventilmadel und einer sich daraus ergebenden vereinfachten Einstellung der statischen, während der Öffnungsstellung abgegebenen Mediumströmungsmenge eines elektromagnetisch betätigbaren Ventils nach der Gattung des Hauptanspruchs. Bei bekannten sogenannten Bottom-Feed- bzw. Side-Feed-Einspritzventilen ist eine Messung des Hubes einer Ventilmadel z. B. mit einem mechanischen Hubsensor, beispielsweise einem Meßstift, bei montierter Rückstellfeder, entgegen derer Federkraft das Öffnen des Einspritzventils erfolgt, entweder nur mit großem Aufwand oder gar nicht möglich.

Aus der DE-OS 40 23 828 ist bereits ein Bottom-Feed-Einspritzventil bekannt, bei dem kein Zugriff auf die Rückstellfeder erforderlich ist, um eine Einstellung der dynamischen Mediumströmungsmenge vorzunehmen. Die Rückstellfeder weist vielmehr eine konstante, voreingestellte Federkraft auf. Die Einstellung der dynamischen Mediumströmungsmenge erfolgt durch die Veränderung einer im Magnetkreis ausgebildeten magnetischen Drosselstelle. Durch einen in einen Innenpol des Einspritzventils eingebrachten, die magnetischen Eigenschaften des Innenpols verändernden magnetisch leitfähigen Werkstoff wird die Magnetkraft so variiert, bis die vom Ventil abgegebene und gemessene dynamische Istmenge mit einer vorgegebenen dynamischen Sollmenge übereinstimmt. Zur Einstellung der statischen, während der Öffnungsstellung der Ventilmadel strömenden Mediumströmungsmenge ist es erforderlich, die während einer bestimmten Zeit abgespritzte Mediumströmungsmenge zu messen und den Hub der Ventilmadel dadurch zu ändern, daß der Ventilsitzkörper verschoben wird. Ein derart sogenanntes "nasses" Einstellverfahren ist nicht nur aufwendig sondern erfordert auch ein nachträgliches Reinigen des Einspritzventils. Eine direkte Messung des Hubes der Ventilmadel ist mit den bekannten Taststiften wegen des geringen Durchmessers der Abspritzlöcher nicht möglich.

## Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß mit einer einfachen, sehr exakten, berührungslosen und trockenen Meßmethode die Messung des Hubes einer Ventilmadel möglich ist, auch dann, wenn für die Messung nur sehr kleine Querschnitte ins Innere eines Einspritzventils zur Verfügung stehen, so daß das Ventil einfach, exakt, kostengünstig und ohne Verschmutzungsgefahr in bezug auf seine abzugebende statische Mediumströmungsmenge eingestellt werden kann.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Verfahrens zur Hubmessung und Einstellung eines Ventils möglich.

Besonders vorteilhaft zur Messung des Hubes der Ventilmadel des Ventils ist der Einsatz einer Laseranlage, die es ermöglicht, Laserstrahlen durch Abspritzöffnungen einer Spritzlochscheibe auf einen fest mit der Ventilmadel verbundenen Ventilschließkörper zu rich-

ten. Die Messung des Hubes der Ventilmadel erfolgt dann als Differenzmessung, indem mindestens die in beiden Endstellungen der Ventilmadel gemessenen Längenmeßwerte berücksichtigt werden.

Von Vorteil ist es, daß die Messung des Hubes der Ventilmadel bei trockenem Ventil stattfinden kann. Auf Messungen der statischen Mediumströmungsmengen kann verzichtet werden, wobei über eine Korrelation zwischen den Meßwerten des Hubes der Ventilmadel und der statischen Mediumströmungsmenge letztere bestimmt wird, so daß eine exakte Einstellung möglich ist.

Außerdem ist es vorteilhaft, daß die Verschmutzungsgefahr stark reduziert ist. Das erfindungsgemäße Verfahren funktioniert berührungslos. Die Hubeinstellung erfolgt erst nach der Montage aller dichtenden Teile im Ventil und ist unter Vorspannung der Rückstellfeder möglich.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn zwei Laserstrahlen gleichzeitig in zwei Abspritzöffnungen der Spritzlochscheibe ausgesendet werden oder ein Laserstrahl zeitlich hintereinander durch zwei Abspritzöffnungen geschickt wird. Hierdurch werden Meßfehler aufgrund des Führungsspiels des Ventilschließkörpers weitgehend eliminiert. Der Hub der Ventilmadel ergibt sich aus der Summe der beiden durch die zwei Abspritzöffnungen erzielten Differenzmeßwerte geteilt durch zwei.

## Zeichnung

Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Meßverfahrens und eines einstellbaren Ventils sind in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein erfindungsgemäß einstellbares Ventil, Fig. 2 ein erstes und ein zweites Ausführungsbeispiel und Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel eines die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ermöglichenden Ventils, wobei nur der unmittelbare Meßbereich dargestellt ist.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Das in der Fig. 1 beispielsweise dargestellte elektromagnetisch betätigbare Brennstoffeinspritzventil für Brennstoffeinspritzanlagen von gemischverdichtenden, fremdgezündeten Brennkraftmaschinen besitzt einen abgestuften Innenpol 1 aus ferromagnetischem Material, der von einer Magnetspule 2 teilweise umgeben ist. Ein in radialer Richtung gestufter, umlaufender, U-förmiger Spulenkörper 3 nimmt eine Bewicklung der Magnetspule 2 auf und umgibt mit seinem inneren Durchmesser den Innenpol 1 radial mit geringem Abstand. An seinem unteren Polende 4 ist eine flanschähnliche Verdickung ausgebildet, die sich wie der gesamte Innenpol 1 konzentrisch zu einer Ventillängsachse 5 erstreckt.

Die Magnetspule 2 mit ihrem gestuften Spulenkörper 3 ist von einem Ventilmantel 8 umgeben, der beispielsweise vor der Montage des Brennstoffeinspritzventils als einteiliger Magnetkörper zusammen mit dem Innenpol 1. Der Ventilmantel 8 erstreckt sich in axialer Richtung in demselben Maße wie der Innenpol 1 und besitzt an seinem unteren Mantelende 9 eine nach innen gerichtete Verdickung.

Zwischen dem Polende 4 und dem Mantelende 9 befindet sich ein eingelegter und mit dem ursprünglich einteiligen Magnetkörper 80 aus Innenpol 1 und Ventilmantel 8 verlöteter nichtmagnetischer Zwischenring 10.

der einen magnetischen Kurzschluß zwischen dem Innenpol 1 und dem Ventilmantel 8 verhindert.

An dem dem unteren Polende 4 des Innenpols 1 abgewandten Ende ist oberhalb der Magnetspule 2 über dem Innenpol 1 in radialer Richtung bis zum Ventilmantel 8 ein kreisförmiger Gehäusedeckel 13 angeordnet, der am äußeren Umfang beispielsweise drei bis sechs Befestigungslaschen 14 aufweist. Der Gehäusedeckel 13 ist z. B. aus ferritischem Blech ausgebildet und weist wenigstens eine Durchföhrung 16 auf, durch die Kontaktföhren 17 verlaufen, die von einem elektrischen Anschlußstecker 18 ausgehend die Magnetspule 2 elektrisch kontaktieren.

Ein radial gestufter Ventilsitzträger 20 erstreckt sich mit einem oberen, radial nach außen gerichteten Trägerabschnitt 21 in axialer Richtung bis an das Mantelende 9 des Ventilmantels 8 und liegt dort mit einer planen oberen Stirnfläche 22 an. Beispielsweise mit einer radialen Schweißnaht sind das Mantelende 9 des Ventilmantels 8 und der Trägerabschnitt 21 des Ventilsitzträgers 20 fest verbunden. In einer konzentrisch zu der Ventillängsachse 5 ausgebildeten Durchgangsöffnung 24 weist der Ventilsitzträger 20 der Magnetspule 2 abgewandt einen Ventilsitzkörper 25 mit einer Spritzlochscheibe 26 auf. In die Durchgangsöffnung 24 des Ventilsitzträgers 20 ragt ein beispielsweise rohrförmiger, mit dem Polende 4 des Innenpols 1 zusammenwirkender Anker 27. Außerdem ist in der Durchgangsöffnung 24 eine beispielsweise rohrförmig und einteilig mit dem Anker 27 ausgebildete und stromabwärts aus dem Anker 27 herausragende Ventilnadel 28 angeordnet. Die Ventilnadel 28 ist an ihrem stromaufwärtigen, der Spritzlochscheibe 26 zugewandten Ende 29 mit einem z. B. kugelförmigen Ventilschließkörper 30, an dessen Umfang beispielsweise fünf Abflachungen 31 vorgesehen sind, beispielsweise durch Schweißen verbunden. Die Abflachungen 31 am Umfang des Ventilschließkörpers 30 dienen zum ungehinderten Durchströmen des Brennstoffs durch den Ventilsitzkörper 25 bis hin zu Abspritzöffnungen 32 in der Spritzlochscheibe 26. Das kompakte und sehr leichte, aus dem rohrförmigen Anker 27, der Ventilnadel 28 und dem als Kugel ausgebildeten Ventilschließkörper 30 bestehende bewegliche Ventilteil ermöglicht nicht nur ein gutes dynamisches Verhalten und ein gutes Dauerlaufverhalten des Brennstoffeinspritzventils, sondern zudem auch eine kurze und kompakte Bauform des Brennstoffeinspritzventils.

Die Betätigung des Einspritzventils erfolgt in bekannter Weise elektromagnetisch. Zur axialen Bewegung der Ventilnadel 28 und damit zum Öffnen entgegen der Federkraft einer Rückstellfeder 33 bzw. Schließen des Einspritzventils dient der elektromagnetische Kreis mit der Magnetspule 2, dem Innenpol 1 und dem Anker 27. Zur Führung des Ventilschließkörpers 30 während der Axialbewegung der Ventilnadel 28 mit dem Anker 27 entlang der Ventillängsachse 5 dient eine Führungsöffnung 34 des Ventilsitzkörpers 25. Der kugelförmige Ventilschließkörper 30 wirkt mit einer sich in Strömungsrichtung kegelstumpfförmig verjüngenden Ventilsitzfläche 35 des Ventilsitzkörpers 25 zusammen, die in axialer Richtung stromabwärts der Führungsöffnung 34 ausgebildet ist. Der Umfang des Ventilsitzkörpers 25 weist einen geringfügig kleineren Durchmesser auf als die Durchgangsöffnung 24 des Ventilsitzträgers 20. An seiner dem Ventilschließkörper 30 abgewandten Seite ist der Ventilsitzkörper 25 mit der beispielsweise topfförmig ausgebildeten Spritzlochscheibe 26 konzentrisch und fest durch eine erste Schweißnaht 36 verbunden.

Die Spritzlochscheibe 26 besitzt neben einem Bodenteil 38, an dem der Ventilsitzkörper 25 befestigt ist und in dem die wenigstens eine, beispielsweise vier durch Erodieren oder Stanzen ausgeformte Abspritzöffnungen 32 verlaufen, einen umlaufenden stromabwärts verlaufenden Halterand 40. Der Halterand 40 der Spritzlochscheibe 26 liegt unter radialer Spannung an der Durchgangsöffnung 24 des Ventilsitzträgers 20 an und ist mit diesem beispielsweise durch eine umlaufende und dichte, z. B. mittels eines Lasers erzeugte, zweite Schweißnaht 42 verbunden. Mit der Befestigung der Spritzlochscheibe 26 am Ventilsitzträger 20 ist bereits der Hub der Ventilnadel 28 grob voreingestellt, der durch die erfindungsgemäßen Verfahren zur Hubmessung und Einstellung des Ventils letztlich exakt auf einen vorgegebenen Sollwert eingestellt wird.

Zur mechanischen Führung des aus Anker 27, Ventilnadel 28 und Ventilschließkörper 30 bestehenden beweglichen Ventilteils in der Durchgangsöffnung 24 des Ventilsitzträgers 20 sind an einem stromaufwärtigen inneren Ende 43 des Ventilsitzträgers 20 im axialen Bereich des oberen Trägerabschnitts 21 beispielsweise sechs mit gleichen Abständen am Umfang der Durchgangsöffnung 24 nach innen in Richtung Ventillängsachse 5 verlaufende, als Ankerführung dienende Nasen 45 ausgebildet. Der Anker 27 durchragt die durch die Nasen 45 in ihrem Durchmesser verringerte Durchgangsöffnung 24 mit sehr geringem Spiel. Der rohrförmige Anker 27 weist in einer inneren abgestuften Durchgangsbohrung 47 an seinem dem Innenpol 1 abgewandten Ende einen Federabsatz 48 auf, an dem sich das eine Ende der Rückstellfeder 33 abstützt, während das andere Ende der Rückstellfeder 33 an dem Polende 4 des Innenpols 1 anliegt.

Zwischen dem inneren Ende 43 des Ventilsitzträgers 20 und dem nichtmagnetischen Zwischenring 10 wird ein umlaufender Hohlraum 49 mit geringer axialer Erstreckung gebildet. Mit dem Hohlraum 49 wird gewährleistet, daß die Magnetfeldlinien vom Ventilmantel 8 über den Ventilsitzträger 20 und den Anker 27 zum Innenpol 1 verlaufen und keinen Kurzschluß vom Ventilmantel 8 über den Ventilsitzträger 20 zum Innenpol 1 ohne Wirkung auf den Anker 27 bilden.

An dem Umfang des Ventilsitzträgers 20 ist entsprechend der Kontur des Ventilsitzträgers 20 ein gestufter Trägerring 52 angeordnet, der sich beispielsweise axial in Richtung der Magnetspule 2 über den Ventilsitzträger 20 hinaus erstreckt, um mit mehreren Rastnasen 53 für eine einfache und kostengünstige Befestigung an dem Ventilsitzträger 20 zu sorgen. In dem Trägerring 52 ist ein Brennstofffilter 55 angeordnet über den Brennstoff von einer Brennstoffquelle zu Queröffnungen 56 strömen kann. Dieses Brennstoffeinspritzventil ist der Gruppe der sogenannten Bottom-Feed-Einspritzventile zuzuordnen. Der Brennstoff strömt also in unmittelbarer Nähe der Ventilsitzfläche 35 in das Einspritzventil ein und kommt ausschließlich mit den beweglichen Ventilteilen im Inneren des Ventilsitzträgers 20 in Beröhrung.

Zur Magnetspule 2 hin gerichtet ist das Einspritzventil am aus Innenpol 1 und Ventilmantel 8 gebildeten Magnetkörper dicht abgeschlossen. Im Gegensatz zu sogenannten Top-Feed-Einspritzventilen gelangt also kein Brennstoff in den axialen Erstreckungsbereich der Magnetspule 2. Der Magnetkörper mit seinem Innenpol 1 und dem Ventilmantel 8 läßt durch seine kompakte und zum Anker 27 hin abgeschlossene Bauweise Einstellungen der Durchflußmenge des Brennstoffs bzw. Mes-

sungen des Hubes der Ventilnadel 28 im Inneren des Einspritzventils nicht zu.

Mindestens ein Teil des Ventilmantels 8 sowie vollständig der Gehäusedeckel 13 sind durch eine Kunststoffumspritzung 58 umschlossen, an die zugleich der elektrische Anschlußstecker 18 mit angeformt ist, über den die elektrische Kontaktierung und damit die Erregung der Magnetspule 2 erfolgt.

Oberhalb und unterhalb der radialen Queröffnungen 56 in Ventilsitzträger 20 sind am Umfang des Brennstoffeinspritzventils Dichtringe 60 und 61 angeordnet. Die Dichtringe 60 und 61 dienen zur Abdichtung zwischen dem Umfang des Trennstoffeinspritzventils und einer nicht dargestellten Ventilaufnahme, beispielsweise der Ansaugleitung der Brennkraftmaschine.

Die Einschubtiefe des aus Ventilsitzkörper 25 und topfförmiger Spritzlochscheibe 26 bestehenden Ventilsitzteils in die Durchgangsöffnung 24 bestimmt die Einstellung des Hubs der Ventilnadel 28, da die eine Endstellung der Ventilnadel 28 bei nicht erregter Magnetspule 2 durch die Anlage des Ventilschließkörpers 30 an der Ventilsitzfläche 35 des Ventilsitzkörpers 25 festgelegt ist. Die andere Endstellung der Ventilnadel 28 wird bei erregter Magnetspule 2 beispielsweise durch die Anlage des Ankers 27 an dem Polende 4 des Innenpols 1 festgelegt. Der Weg zwischen diesen beiden Endstellungen der Ventilnadel 28 stellt somit den Hub dar.

Bei Bottom-Feed-Einspritzventilen ist eine Messung des Hubes der Ventilnadel 28 z. B. mit einem mechanischen Hubsensor, also beispielsweise einem Meßstift, der von der der Spritzlochscheibe 26 abgewandten Seite in das Einspritzventil eingreift, nicht möglich.

Der massive Innenpol 1 des Magnetkörpers gestattet kein Einführen eines Meßsensors. Gegen das Polende 4 des Innenpols 1 drückt die Rückstellfeder 33, die auch beim Anliegen des Ventilschließkörpers 30 an der Ventilsitzfläche 35 unter einer Vorspannung steht, damit die Ventilnadel 28 fixiert ist.

Mit den erfindungsgemäßen Verfahren kann auch bei Bottom-Feed-Einspritzventilen eine Messung des Hubes der Ventilnadel 28 vorgenommen werden, indem durch die in der Spritzlochscheibe 26 befindlichen Abspritzöffnungen 32, die einen sehr geringen Durchmesser von etwa 0,2 bis 0,4 mm besitzen, mittels stark gebündelter, energiereicher Strahlung, beispielsweise mittels Laserstrahlen 70, die auf den Ventilschließkörper 30 gerichtet sind, Längenmessungen erfolgen. In den Fig. 2 und 3 sind die Bereiche des Einspritzventils um die Ventilsitzfläche 35 herum, in denen die berührungslose Messung des Hubes der Ventilnadel 28 erfolgt, vergrößert dargestellt. Eine erste Variante der Hubmessung sieht vor, einen Laserstrahl 70a genau parallel zur Ventillängsachse 5 durch eine Abspritzöffnung 32 auf den Ventilschließkörper 30 zu richten. Die Laserstrahlmessung mit dem Laserstrahl 70a muß zumindest in den bereits beschriebenen zwei Endstellungen der Ventilnadel 28, also bei nicht erregter Magnetspule 2, wenn der Ventilschließkörper 30 an der Ventilsitzfläche 35 des Ventilsitzkörpers 25 anliegt, und bei erregter Magnetspule 2, wenn der Anker 27 am Polende 4 des Innenpols 1 anliegt, vollzogen werden.

Bei der Messung des Hubes der Ventilnadel 28 handelt es sich folglich um eine Differenzmessung, da die Differenz der beiden gemessenen Werte in den beiden Endstellungen der Ventilnadel 28 die axiale Bewegungstrecke des Ventilschließkörpers 30 darstellt. Diese erste Variante hat den Vorteil, daß eine einfache Ausrichtung einer die Laserstrahlen 70 aussendenden Laseran-

lage 71 parallel zur Ventillängsachse 5 erfolgen kann. Die Laserstrahlen 70a treffen allerdings dadurch nicht senkrecht auf die gekrümmte Oberfläche des kugelförmigen Ventilschließkörpers 30, so daß eine vergleichsweise schlechte Reflexion der Laserstrahlen 70a erfolgt.

Mit der Laseranlage 71 werden Laserstrahlen 70 erzeugt, die sehr gut auf einen sehr kleinen Punkt auf der Oberfläche des Ventilschließkörpers 30 fokussierbar sind. Günstigerweise liegen die Durchmesser der zu fokussierenden Laserpunkte im Bereich von einem Mikrometer oder darunter. Bei einer zweiten Variante der Hubmessung der Ventilnadel 28 wird ein Laserstrahl 70b so erzeugt, daß dieser durch eine Abspritzöffnung 32 der Spritzlochscheibe 26 hindurch senkrecht auf die Oberfläche des kugelförmigen Ventilschließkörpers 30 trifft. Auch hierbei ist es wiederum nötig, in beiden Endstellungen der Ventilnadel 28 die Laserstrahlen 70b zum Ventilschließkörper 30 zu senden, um die Differenz und damit die axial zurückgelegte Strecke des fest mit der Ventilnadel 28 verbundenen Ventilschließkörpers 30 ermitteln zu können. Mit dieser zweiten Variante wird eine deutlich verbesserte Reflexion der Laserstrahlen 70b erreicht, wobei die Ausrichtung der Laseranlage 71 wesentlich aufwendiger ist, um ein genau senkrecht auf der Oberfläche des Ventilschließkörpers 30 in beiden Endstellungen der Ventilnadel 28 zu gewährleisten.

Es ist davon auszugehen, daß bei der axialen Bewegung der Ventilnadel 28 und des Ventilschließkörpers 30 in der Führungsöffnung 34 eine minimale Exzentrizität des Ventilschließkörpers 30 auftreten kann. Diese geht folglich als Meßfehler bei den beiden beschriebenen, in der Fig. 2 dargestellten Varianten mit jeweils einzelnen Laserstrahlen 70a und 70b in das Meßergebnis des Hubes ein. Durch das radiale Führungsspiel des Ventilschließkörpers 30 können sich bei beiden Ausführungsbeispielen immerhin noch Meßfehler von bis zu  $\pm 5\%$  ergeben. Diese Fehlerart kann weitgehend durch die in der Fig. 3 dargestellte dritte Variante der Hubmessung der Ventilnadel 28 eines Bottom-Feed-Einspritzventils eliminiert werden. Hierbei erfolgt nämlich die Messung durch mindestens zwei Abspritzöffnungen 32 der Spritzlochscheibe 26. Bei Spritzlochscheiben 26 mit zwei Abspritzöffnungen 32 werden folglich diese beiden genutzt und bei Spritzlochscheiben 26 mit vier beispielsweise im Quadrat angeordneten Abspritzöffnungen 32 beispielsweise zwei diagonal gegenüberliegende Abspritzöffnungen 32. Die Messung erfolgt nun, indem zumindest in beiden Endstellungen der Ventilnadel 28 zwei Laserstrahlen 70c gleichzeitig in die beiden vorgesehenen Abspritzöffnungen 32 ausgesendet werden oder ein Laserstrahl 70c zeitlich nacheinander durch zwei Abspritzöffnungen 32 geschickt wird. Diese Messung ist nun weitgehend frei von Fehlern, die durch das Führungsspiel des Ventilschließkörpers 30 in der Führungsöffnung 34 auftreten können. Die Laserstrahlen 70c sind beispielsweise so ausgerichtet, daß sie wie im zweiten Ausführungsbeispiel senkrecht auf die Oberfläche des Ventilschließkörpers 30 treffen. Der Hub der Ventilnadel 28 ergibt sich aus der Summe der beiden durch die zwei Abspritzöffnungen 32 erzielten Meßwerte geteilt durch zwei.

Eventuelle Korrekturen, die sich durch die Meßmethode der senkrecht auf die Oberfläche des Ventilschließkörpers 30 gerichteten Laserstrahlen 70b, 70c ergeben, müssen in das Meßergebnis nachträglich eingearbeitet werden.

Diese berührungsfreien Messungen des Hubes der

Ventilnadel 28 mittels Laserstrahlen 70 ermöglichen eine exakte und einfache Einstellung des Hubes. Mit der Befestigung der Spritzlochscheibe 26 am Ventilsitzträger 20 ist bereits der Hub der Ventilnadel 28 grob voreingestellt, der durch die erfindungsgemäßen Verfahren zur Hubmessung und Einstellung des Ventils letztlich exakt auf einen vorgegebenen Sollwert eingestellt wird. Entsprechend den Meßergebnissen kann die mit der umlaufenden und dichten zweiten Schweißnaht 42 am Ventilsitzträger 20 fest verbundene Spritzlochscheibe 26 in axialer Richtung, also entlang der Ventillängsachse 5 gedrückt werden. Das axiale Verdrücken der Spritzlochscheibe 26 mit einem Werkzeug erfolgt solange, bis die mit der Laseranlage 71 gemessenen Istwerte mit vorgegebenen Sollwerten für den Hub übereinstimmen. Bevor eine exakte Einstellung erfolgen kann, muß zuvor eine Korrelation zwischen dem Hub der Ventilnadel 28 und den statischen, während der Öffnungsstellungen abgegebenen Mediumströmungsmengen vorgenommen werden. Erst dadurch können die beim Messen des Ventilhubs ermittelten Längenmeßwerte in Werte für die Mediumströmungsmengen übertragen werden. Die Sollwerte für den Hub der Ventilnadel 28 entsprechen genau bekannten, vorgegebenen abzugebenden Mediumströmungsmengen.

Die Messung und Einstellung des Hubes der Ventilnadel 28 erfolgt also berührungsfrei und trocken, d. h. es sind keine durch das Einspritzventil geleitete Mediumströmungsmengen nötig, da durch die Größe der Abspritzöffnungen 32 der Spritzlochscheibe 26 und den exakt eingestellten Hub der Ventilnadel 28, durch den der Hubdrosselanteil im Bereich der Ventilsitzfläche 35 genau definiert ist, die statische Mediumströmungsmenge entsprechend einem gewünschten Sollwert genau festgelegt ist.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Hubmessung und Einstellung der statischen Mediumströmungsmenge eines Ventils, insbesondere eines elektromagnetisch betätigbaren Brennstoffeinspritzventils mit einer Ventillängsachse, mit einer Ventilnadel, die mit einem Ventilschließkörper versehen ist, der mit einer Ventilsitzfläche zusammenwirkt und gegenüber der Ventilsitzfläche einen Hub ausführt, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung des axialen, entlang der Ventillängsachse (5) verlaufenden Bewegungsbereichs der Ventilnadel (28) mit dem Ventilschließkörper (30), also des Hubes der Ventilnadel (28), berührungslos durch eine stark gebündelte, energiereiche Strahlung (70) erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß als energiereiche Strahlung Laserstrahlen (70) zum Einsatz kommen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlung (70) durch wenigstens eine Abspritzöffnung (32) stromabwärts des Ventilschließkörpers (30) auf den Ventilschließkörper (30) gerichtet ist.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlung (70a) parallel zur Ventillängsachse (5) auf den Ventilschließkörper (30) gerichtet ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlung (70b) senkrecht auf die Oberfläche des Ventilschließkörpers (30) trifft.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Strahlen (70c) durch zwei Abspritzöffnungen (32) stromabwärts des Ventilschließkörpers (30) gleichzeitig auf den Ventilschließkörper (30) gerichtet sind.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Hubmessung als Differenzmessung durchgeführt wird, indem die Differenz der gemessenen Werte in den beiden Endstellungen der Ventilnadel (28) die axiale Bewegungsstrecke des Ventilschließkörpers (30) darstellt.

8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß durch eine Korrelation zwischen den gemessenen Längenmeßwerten für den Hub der Ventilnadel (28) und den statischen Mediumströmungsmengen die statischen Mediumströmungsmengen bestimmbar sind.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlung (70) durch wenigstens eine Abspritzöffnung (32) in einer stromabwärts der Ventilsitzfläche (35) ausgebildeten Spritzlochscheibe (26) gerichtet ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

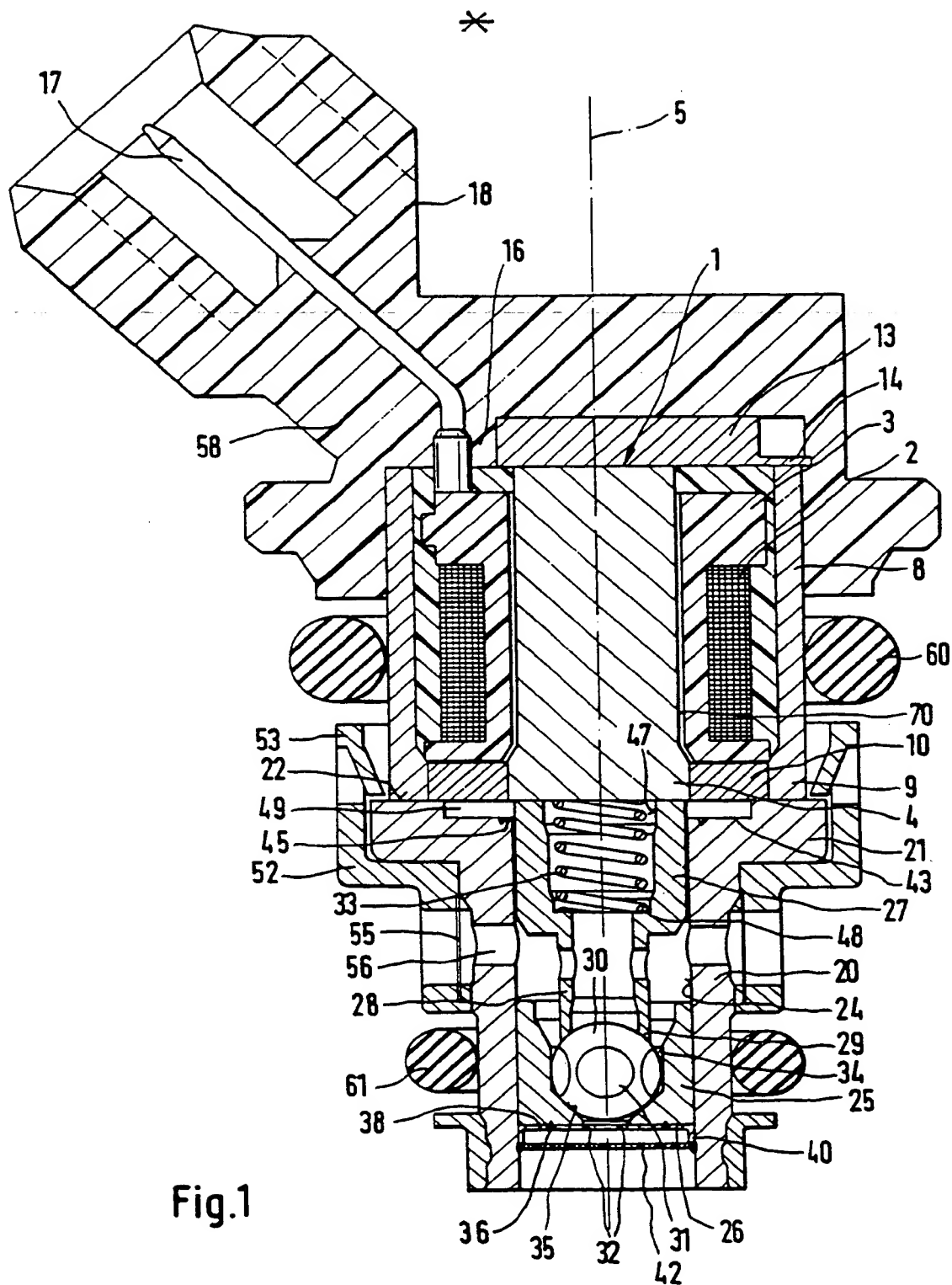


Fig.1



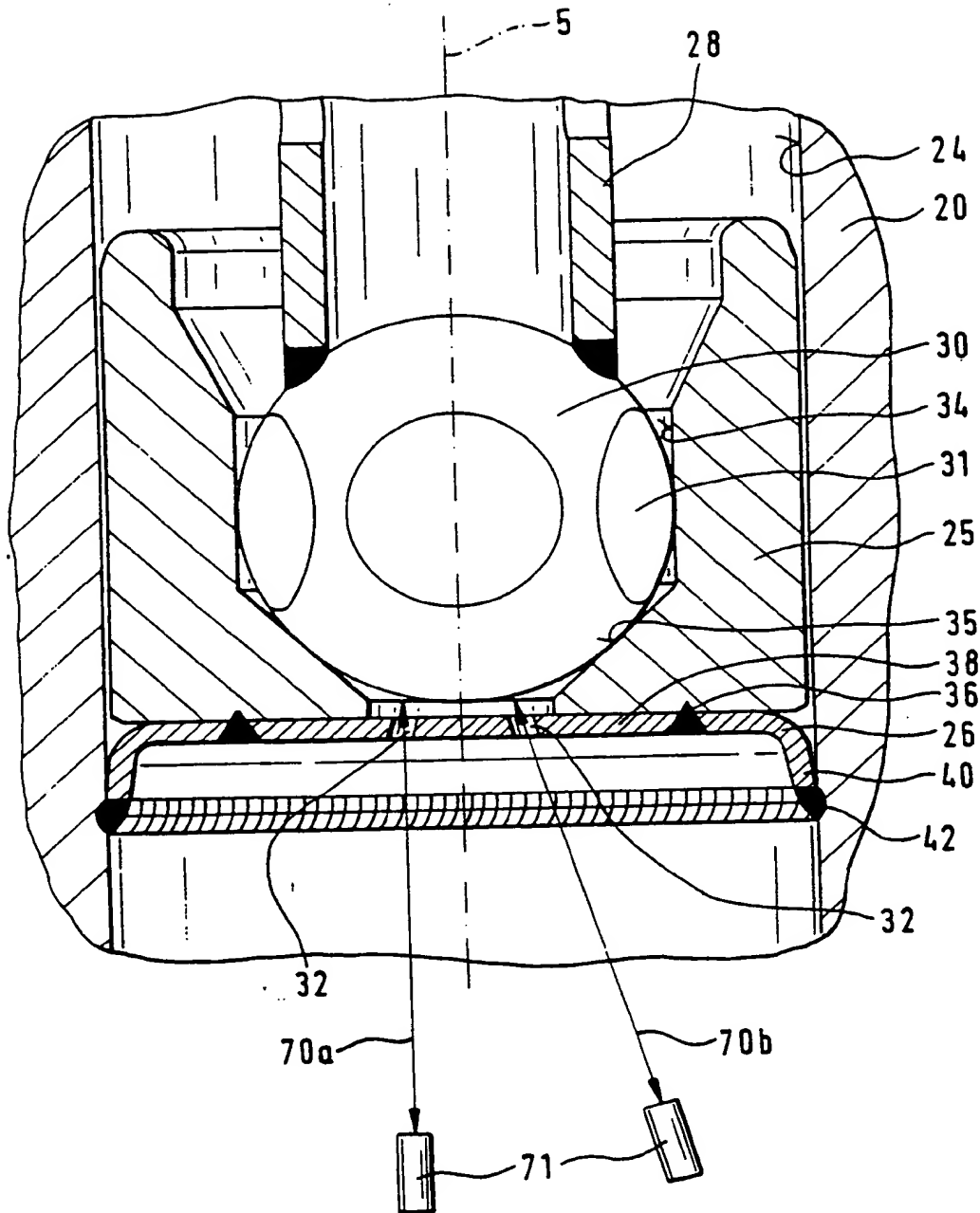


Fig. 2

